

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1) самогрунтующие ЛКМ более экономичны за счет использования одного типа ЛКМ вместо двух (грунт и лак);
- 2) ЛКП на основе самогрунтующихся ЛКМ имеют повышенную твердость, поэтому являются более износостойкими и долговечными;
- 3) по внешнему виду (по степени блеска) в соответствии с ГОСТом 9.032-74 все сформированные в эксперименте покрытия относятся к полуматовым;
- 4) значительных различий в технологии формирования покрытия и ожидаемом экономическом эффекте от внедрения незначительны.

#### **Библиографический список**

1. Голиков В.И., Ресина З.Ф. Пособие для работников лабораторий мебельных предприятий. М.: Лесная промышленность, 1967. 164 с.
2. Схемы нанесения лакокрасочных покрытий. URL: <http://kraski-laki-gruntovka.ru/States> (дата обращения 10.04.2018).
3. Пособие технолога по лаковой отделке мебели. М.: ЛИГА, 2010. 100 с.
4. Буглай Б.М. Технология отделки древесины. М.: Лесная промышленность, 1973. 304 с.
5. Полиуретановые лакокрасочные материалы. URL: <http://vseokraskah.net/nauchnye-stat> (дата обращения 10.04.2018).

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ**

## **WOODWORKING IN LOW AND INDUSTRIAL HOUSING CONSTRUCTION**

**УДК 674.023**

**И.Т. Глебов**

(I.T. Glebov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: GIT5@yandex.ru

### **РАСЧЕТ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ БРЕВЕНЧАТОЙ СТЕНЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМА**

### **CALCULATION OF THERMAL RESISTANCE THE LOG WALLS OF A WOODEN HOUSE**

*Приведены сведения о физико-механических свойствах древесины, о теплопроводности и термосопротивлении стен деревянного дома. Для бревенчатого дома толщина стены – величина переменная, которая изменяется от ширины мостика холода до величины диаметра бревна. В статье приведен вывод средней величины толщины стены. На примере показана методика расчета термосопротивления стены.*

*Показано, что подбором породы древесины можно достичь требуемого термосопротивления стены.*

*Provides information on physico-mechanical properties of wood, the thermal conductivity and the thermal resistance of the walls of the wooden house. For a log home wall thickness variable, which varies the width of the cold bridge to the size of the logs. The article presents the output of the average value of the wall thickness. The example shows the method of calculating the thermal resistance of the wall. It is shown that the selection of wood species to achieve the required thermal resistance of the wall.*

При проектировании стен бревенчатого деревянного дома приходится учитывать физико-механические свойства древесины: прочностные и деформативные свойства, влажность и гигроскопичность, усушку и разбухание, паропроницаемость и теплопроводность. Стены должны быть прочными: они воспринимают нагрузку от всех элементов дома.

С изменением влажности бревна теряют первоначальные размеры и форму и могут нарушить плотность их соединений. Древесина пропускает через себя пар и воздух из дома, что приводит к ее увлажнению и загниванию. Наконец, древесина обладает теплопроводностью, не позволяющей получить теплый дом зимой и прохладный в летнюю жару. Только комплексный учет всех факторов позволяет построить хороший дом.

Способность материала проводить тепло называют *теплопроводностью*,  $\lambda$  (Вт/м · °С). Теплопроводность определяет, какое количество тепла проходит через 1 м<sup>2</sup> стенки материала толщиной 1 метр за 1 секунду [1, 2]. Усредненные значения коэффициента теплопроводности пород древесины приведены в таблице 1.

Теплопроводность древесины зависит от ее влажности, поскольку влага заполняет поры древесины и превращает газовую пору в пузырек с жидкостью. В жилом доме образуется много влаги. Влага образуется на кухне, в ванной комнате, в туалете, даже от дыхания человека. Деревянные стены впитывают влагу. С увеличением влажности древесины теплопроводность ее увеличивается.

*Термическим сопротивлением древесины* называют способность ее препятствовать распространению теплового движения молекул. Это свойство древесины имеет исключительное значение в домостроении.

Таблица 1

Коэффициенты теплопроводности  $\lambda$  древесины различных пород, Вт/(м · °С)

Порода древесины	$\lambda$
Береза	0,15
Дуб (поперек волокон)	0,2
Дуб (вдоль волокон)	0,4
Ель	0,11
Кедр	0,095
Клен	0,19
Лиственница	0,13
Липа	0,15
Пихта	0,15
Сосна (поперек волокон)	0,15
Сосна (вдоль волокон)	0,4
Тополь	0,17

*Сопротивление теплопередаче* представляет собой способность стены толщиной  $H$  препятствовать потерям тепла, м<sup>2</sup> · °С/Вт:

$$R = \frac{H}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $H$  – толщина деревянной стены, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · °С).

Стены дома часто утепляют досками, различными утеплителями. В этом случае стена состоит из нескольких слоев, имеющих разную толщину, и суммарное сопротивление теплопередаче определяется как сумма сопротивлений каждого из слоев. Стена может быть сделана из разных материалов. Если стену дома сделать из соснового бруса толщиной 150 мм, то ее термическое сопротивление будет равно 0,92 °С · м²/Вт. Этого будет недостаточно, и в зимний отопительный период дом будет быстро выстывать.

Если стену дома сделать из сосновых бревен диаметром 200 мм, то ее термическое сопротивление будет примерно такое же –  $R = 1,018$  °С · м²/Вт. Учитывая требования критерия энергосбережения, диаметр бревен придется увеличить до 500 мм. Но где взять такие бревна? Да и стоимость таких бревен значительно увеличивается.

Обычно поступают так. Толщину стены дома выбирают с учетом климатических условий региона. В Московской области, например, для строительства дома используют брус толщиной 190–195 мм или бревна диаметром более 22 см. В Свердловской области стену дома можно сделать из бруса толщиной 200 мм или из бревен диаметром 24–32 см. Иногда стены дополнительно утепляют несколькими слоями теплоизоляционных материалов.

Делать стены из толстых брусьев или бревен необязательно, так как наибольшие потери тепла в доме идут не через стены, а через плохо утепленный пол, крышу, вентиляцию и неправильно установленные окна. Однако стены из толстых бревен имеют и преимущества. Например, для возведения стены дома заданной высоты из толстых бревен уменьшается количество венцов, врубок, замков, межвенцовых соединений. Уменьшается количество мест, которые впоследствии могут продуваться.

#### *Климатические условия*

Для определения сопротивления теплопередаче необходимо знать климатические условия в заданном регионе. Эти условия характеризуются величиной температуры наиболее холодной пятидневки, определенной с вероятностью 92 % ( $t_{92}$ ), средней температуры за отопительный сезон ( $t_{от. пер}$ ) и продолжительностью отопительного сезона ( $z_{от. пер}$ ). Важной величиной является «градусо-сутки отопительного периода» (ГСОП), которая определяется так [3]:

$$ГСОП = (t_{вв} - t_{от. пер}) z_{от. пер}, \quad (2)$$

где  $t_{вв}$  – средняя температура воздуха внутри жилого помещения, принимается равной 20°С.

Климатические параметры холодного периода года для городов России приведены в работе [4]; для г. Екатеринбург, например, они равны:

- температура наиболее холодной пятидневки, 92 %, °С,  $t_{92} = 32$  °С;
- средняя температура отопительного периода, °С,  $t_{от. пер} = -5,4$  °С;
- продолжительность отопительного периода, сут.,  $z_{от. пер} = 221$  сут.

Базовое нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$  находится так [3], м² · °С/Вт:

$$R_n = a\Gamma CO\Pi + b, \quad (3)$$

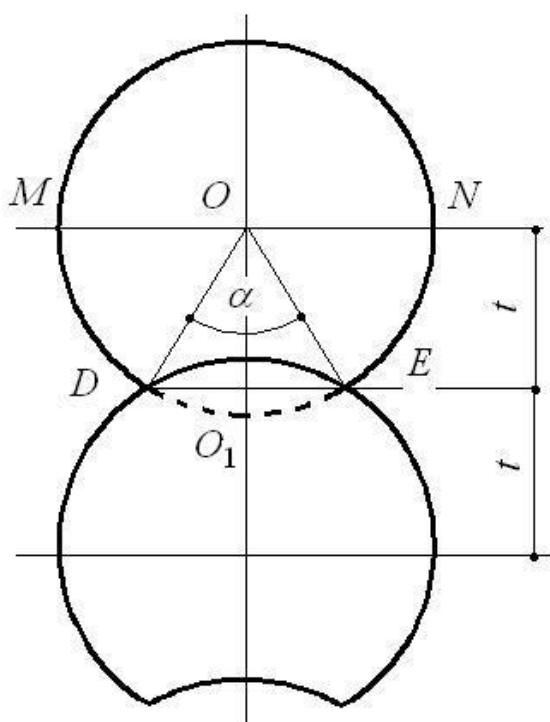
где  $a, b$  – коэффициенты [3],  $a = 0,00\ 035$ ,  $b = 1,4$  (табл. 2).

Таблица 2

Базовые значения требуемого сопротивления  
Теплопередаче ограждающих стен [3]

Здания и помещения, коэффициенты, $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C} - \text{сут./год}$	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{стен}} (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$
Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2 000	2,1
	4 000	2,8
	6 000	3,5
	8 000	4,2
	10 000	4,9
	12 000	5,6
$a$	–	0,00 035
$b$	–	1,4

Зная нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$ , по формуле (1) можно найти толщину стены  $H$ . Если стена дома сделана из бруса, то толщина стены равна толщине бруса. Если стена сделана из оцилиндрованных бревен (см. рисунок), то самое тонкое место стены  $H = DE$  называют *мостиком холода*. Большая часть стены толще значения  $H$ , и в расчетах следует использовать среднее значение между  $DE$  и  $MN$ .



Параметры сочленения бревенчатой стены

Для соединения бревен в нижней их части делается продольный лунный паз. Ширину паза  $DE$  можно выбирать самостоятельно в пределах  $H = (0,45 - 0,70)d$ , где  $d$  – диаметр бревна. Для дальнейших расчетов принимаем  $H = 0,5d = r$ , делаем расчетную схему (рис. 1).

Определим расстояние между мостиком холода  $DE$  и продольной осью бревна:

$$t = \sqrt{r^2 - \frac{r^2}{4}} = 1,73r = 0,865r. \quad (4)$$

Найдем угол  $\alpha$ :  $\sin \alpha / 2 = \frac{r}{2r} = 0,5$ ;  $\alpha / 2 = \arcsin 0,5 = 0,524$  рад;  $\alpha = 1,048$  рад.

Найдем площадь сегмента  $DEO_1$ :

$$S_c = (\alpha - \sin \alpha) \frac{r^2}{2} = 0,091r^2. \quad (5)$$

Находим площадь  $MNED$  как разность площади полукруга и площади сегмента:

$$S_1 = \frac{\pi r^2}{2} - 0,091r^2 = 1,479r^2. \quad (6)$$

Выразим эту площадь через площадь прямоугольника (сечение бруса) высотой  $t$ :

$$S_o = 1,479r^2 = tH_{cp}.$$

Средняя расчетная толщина стены

$$H_{cp} = \frac{1,479r^2}{0,865r} = 1,7r = 0,85d, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр бревна.

Это значение будет расчетным для толщины бревенчатой стены.

#### Пример

Для строительства стен дома в городе Екатеринбург используются сосновые бревна диаметром  $d = 45$  см. Ширина лунного паза –  $H = 0,5d = r = 22,5$  см.

Задание: определить фактическое сопротивление теплопередаче и сравнить его с нормативным значением.

Решение:

1. Расчетное значение толщины стены по (7), см:

$$H_{cp} = 0,85d = 0,85 \cdot 45 = 38,25.$$

2. Рассчитаем тепловое сопротивление  $R$  стены, сложенной из бревна. Для этого подставляем полученные значения в формулу (1),  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R = \frac{H_{cp}}{\lambda} = \frac{0,3825}{0,15} = 2,6.$$

3. Фактическое сопротивление теплопередаче определяют по формуле:

$$R_{\phi} = Rk,$$

где  $k$  – коэффициент теплотехнической однородности наружной стены,  $k = 0,92$ .

$$R_{\phi} = 0,92 \cdot 2,6 = 2,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

4. Находим «градусо-сутки отопительного периода» ( $ГСОП$ ) для города Екатеринбург, градусо-сутки:

$$ГСОП = (t_{вв} - t_{от. пер}) z_{от. пер} = (20 - (-5,4)) 221 = 5\,613,4.$$

5. Находим базовое нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ :

$$R_n = a ГСОП + b = 0,00\,035 \cdot 5\,613,4 + 1,4 = 3,36.$$

Фактическое сопротивление должно быть равно нормированному значению или превышать его ( $R_{\phi} > R_n$ ). В расчетах получилось, что фактическое значение сопротивления теплопередаче меньше регламентируемого теплосопротивления.

Исправить положение можно путем увеличения диаметра бревна или заменой породы древесины, например, заменить сосну на кедровую сосну, для которой коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,095 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ . Тогда при прежней ширине паза  $H = 38,25 \text{ см}$ .

$$R = \frac{H_{cp}}{\lambda} = \frac{0,3825}{0,095} = 4,026 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_{\phi} = 0,92 \cdot 4,026 = 3,7$$

Таким образом, изготовление сруба бревенчатого дома из древесины кедровой сосны дает хороший результат. Стена дома соответствует требованиям по термосопротивлению в районах Екатеринбурга.

### Библиографический список

1. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. Свод правил. Деревянные конструкции. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084537> (дата обращения 06.08.2018).
2. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник. СПб: Лань, 2017. 416 с.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Свод правил. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения 06.08.2018).

4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. Свод правил. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546> (дата обращения 06.08.2018).

УДК 72.012:658.233

Л.В. Игнатович<sup>1</sup>, Л.Ю. Дубовская<sup>2</sup>

(L.V. Ignatovich<sup>1</sup>, L.Y. Dubovskaya<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>БГАИ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: [ignatovich@belstu.by](mailto:ignatovich@belstu.by)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН В АРХИТЕКТУРЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

### ECOLOGICAL DESIGN IN ARCHITECTURE OF THE MODERN CITY

*Рассмотрены проблемы экологии и дизайна, архитектуры мегаполисов. Современный город – естественно-искусственная окружающая среда, в которой для создания удобного проживания нужен баланс всех компонентов.*

*Необходимо планировать развитие белорусских городов с учетом ландшафтного и экологического дизайна, озеленения, а также их воздействия на окружающую среду и находить способы уменьшать потребление энергии, тепла и воды. В соответствии с этими тенденциями окружающая среда становится одним из ключевых компонентов стратегии стабильного социально-экономического развития Республики Беларусь. Минск – один из «самых зеленых» городов в Европе, но тем не менее необходимо обратить особое внимание на создание новых площадей и парков в Минске или, если это возможно, восстановить и улучшить существующие.*

*In the article there are the problems of ecology and design, architecture of modern cities of Megapolis. Modern city is a natural-manmade environment in which the creation of a comfortable living with environment needs a balance of all the mentioned components.*

*Planning of development Belarusian cities with account of landscape design, ecological design, gardening, as well as their impact on the environment and finding ways to reduce consumption of energy, heat and water currently come to the fore among the most important problems requiring urgent attention. In line with these trends, the environment becomes one of the key components of the strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus. Minsk is one of the «greenest» cities in Europe. But nevertheless, it is necessary to pay special attention to the creation of new squares and parks in Minsk and other cities, or, if it is possible, to reconstruct and improve existing ones.*

In the era of globalization, more and more attention in many countries is paid to the optimization, rationalization and ecologization of all spheres of life – from food habits of a single person of pre-production processes and housing and communal services.\*

Model of destructive and indifference to the environment is in the past – a trend is environmental consciousness, family values and a healthy lifestyle [1, 2].

In line of these trends, the environment becomes one of the key being strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus.

Priority environmental attitudes are reflected in the National strategy for sustainable socio – economic development of the Republic of Belarus for the period till 2030 [1].

Modern city – is a natural-manmade environment in which to create a comfortable living environment need a balance of all the mentioned components. To reduce the negative consequences of its violation, on the one hand, to upgrade technology, on the other – to

---

\* Текст статьи приведен в авторской редакции.